

Articolo 7 BINDER CON BITUME MODIFICATO

Il binder a caldo con bitume modificato è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei naturali, conglomerato di recupero (fresato), bitume modificato con polimeri e additivi. Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043/UNI EN 13108-1.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	C _{80,0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA _{24,2}

La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ($D_{max}=4$ mm).

L'aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Tabella A.2					
AGGREGATO FINE					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f ₂

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	V _{38/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori richiederà la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

2) Conglomerato di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine.

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D_{max} previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di binder la percentuale in peso di materiale riciclato riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere al massimo del 20%

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici e plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME MODIFICATO CON POLIMERI - PmB 45-80/70					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, γ=10s ⁻¹	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	> 4·10 ⁻¹	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1				
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	8

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la **riduzione della sensibilità all'acqua**, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la sensibilità all'acqua, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela,

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse. Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidità) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

L'immissione degli additivi deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo deve essere qualificato in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1

Il produttore deve determinare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder, deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5 .

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5

Tabella A.5		
BINDER AC 20		
COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	32.0	100
Setaccio	20.0	90 – 100
Setaccio	10.0	56 – 68
Setaccio	4	37 – 48
Setaccio	2	23 – 33
Setaccio	0.5	11 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 – 5.7

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34). In alternativa quando possibile si può utilizzare il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica la miscela per lo strato di binder deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6 (metodo MARSHALL), ovvero in Tabella A.7 (metodo volumetrico).

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S _{min}	kN	10	S _{min10}
Rigidezza Marshall		Q _{min}	kN/mm	3 - 4,5	Q _{min3}
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,9 - 1,5	
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C		CTI	MPa	≥ 80	
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M					

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 14	V10G _{min9}
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 - 6	V _{min3,0} - V _{max6}
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,9 - 1,5	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
Modulo di rigidezza a 20 °C - 124ms (**)	UNI EN 12697 - 26 Appendice C	S	GPa	5,5 - 11	S _{min5,5} - S _{max11}
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108 parti 20 e 21.

² Coefficiente di trazione indiretta

$$CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$$

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito..

C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purchè il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 160° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del binder è necessario pulire e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m² nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m² nel caso di ricariche (stesa di binder su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m² nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1 .

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	4
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Frass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	4

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito.

E) POSA IN OPERA

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 150° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del binder deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 8t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie dello strato finito deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

F) CONTROLLI

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove sono eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e viene effettuata la prova Marshall per la determinazione di stabilità e rigidità (UNI EN 12697-34). Inoltre sui provini compattati con il metodo Marshall sono determinati la massa volumica di riferimento D_M (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 - 12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) ed il modulo di rigidità (Norma UNI EN 12697-26 Appendice C).

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,20 s^2$$

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left(\frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

γ_{miscela} è quello riportato nello studio della miscela (D_M della tabella A.6 ovvero D_G della tabella A.7); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al peso di volume dei provini Marshall confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti $s > 15$

si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura, comunque confezionati con bitume modificato.

Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il congruagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di binder fino a consentire un congruagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

Il contenuto di legante viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella **quantità di bitume** viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove **b** è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell'intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

La sensibilità all'acqua viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove **sa** è la differenza tra 90 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I vuoti residui vengono determinati sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-8. Per valori dei **vuoti**, determinati sulle carote, superiori al 7% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + v^2$$

dove **v** è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 7%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato all'8%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'ancoraggio del binder allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di **resistenza al taglio** inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geomembrana, ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

Il modulo di rigidità viene determinato sulle carote secondo la Norma UNI EN 12697-26, Appendice C.

Per valori del **modulo di rigidità** superiori a 11 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 3 (1 + M^2)$$

dove **M** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 11 GPa.

Per valori del **modulo di rigidità** inferiori a 5,5 GPa viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 5 (1 + M^2)$$

dove **M** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 5,5 GPa. Valori del modulo di rigidità inferiori a 2,5 GPa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio della infrastruttura.

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione della prova, il modulo complesso viene determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della densità in situ (determinata sulle carote).

Per gli inerti grossi aventi caratteristiche non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1), per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

Tabella F.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Binder	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, granulometria degli aggregati, % vuoti, prova di taglio Leutner, modulo di rigidità
Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Riferimento Tabella A.7